

RAPPORT DE MISSION
EN COTE D'IVOIRE
du 4 au 14 février 1991

Denis Després



Institut de Recherches sur le Caoutchouc

Département du Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)
42, rue Scheffer 75116 Paris (France) - Tél. : (1) 47.04.32.15
Télex : 620871 INFRANCA PARIS

S O M M A I R E

ooOoo

LE PROGRAMME DE PHYTOPATHOLOGIE

La maladie des raies noires
La pourriture blanche des racines
Les autres méthodes de lutte
Etudes épidémiologiques

LES MALADIES DE FEUILLES A BIMBRESSO

LE PROGRAMME ENCOCHE SECHE

ANNEXES

Annexe 1 : bilan des essais en cours en 1990
Annexe 2 : New developments in chemical control of white root
disease of *Hevea brasiliensis* in Africa

Objets de la mission:

- Discussion de l'évolution du programme de phytopathologie en 1990 et perspectives pour 1991.
- Etude des parasites foliaires de l'hévéa sur la plantation de Bimbresso et recherche de la présence de *Corynespora cassiicola*.
- Mise en place d'une collaboration avec le programme de physiologie dans le cadre de l'étude de l'encoche sèche.

Visites sur le terrain:

- 06/02/91: Visite de la plantation d'HEVEGO, conduite par monsieur ROUXEL
- 07/02/91: Visite de la plantation de la SOGB, conduite par messieurs BOEDT et LATRILLE.
- 08/02/91: Visite des plantations de Bongo
- 09/02/91: Visite des essais Phytopathologie à Bimbresso
- 12/02/91: Visite des plantations de Dabou et de la forêt d'Ira

LE PROGRAMME DE PHYTOPATHOLOGIE

Le programme de phytopathologie de l'IRCA en Côte d'Ivoire porte sur l'étude et la mise au point de méthode de lutte contre la pourriture blanche des racines provoquée par *Rigidoporus lignosus* et la maladie des raies noires du panneau de saignée due à *Phytophthora palmivora*.

Le bilan détaillé des essais en cours en 1990 est présenté en annexe.

La maladie des raies noires

La recherche de produits de substitution au captafol a représenté l'essentiel des activités de recherches entreprises en 1990.

Plusieurs nouveaux fongicides peuvent maintenant être recommandés: l'Aliette, le Folpan et le Ridomil-combi. Les modalités d'utilisation restent identiques à celles préconisées pour le captafol (application après chaque saignée pendant les périodes favorables à la maladie).

En 1991, d'autres nouveaux produits seront testés: l'Antéor (cymoxanil + folpel), le Captane, Mikal (phoséthyl Al + folpel).

La pourriture blanche des racines

La lutte chimique

La mise au point de la lutte chimique représente la majeure partie du temps chercheur consacré à cette maladie en Côte d'Ivoire.

Les tests d'efficacité sur plantule ont permis de pré-sélectionner de nouveaux fongicides de la famille des triazoles (hexaconazole, diniconazole, SR102, bromuconazole).

Les efficacités du cyproconazole et du triadiménol sont maintenant confirmées dans les conditions normales d'utilisation en plantation grâce à la mise en place d'essais multi-locaux (à Bongo, Ousrou, Anguédédou et Grand-béréby).

D'une manière générale, ces essais fongicides sont très bien conduits et présentent un grand intérêt pour l'IRCA. Ils prennent place dans un réseau d'expérimentations qui comprend aussi des essais installés au Cameroun, au Gabon et en Indonésie, et devraient apporter à terme les informations nécessaires pour faire des recommandations efficaces.

De nouveaux essais multi-locaux suivant un protocole similaire doivent être mis en place dès le début 1991 avec d'autres fongicides de la famille des triazoles, en formulation liquide ou sous forme de granulés.

Les autres méthodes de lutte

Les essais de sélection de porte-greffe résistants se poursuivent. Il faudrait maintenant passer à l'étape d'évaluation des survivants en conditions contrôlées. L'expérience mise en place avec les 5 vitro-plants issus d'un de ces survivants permettra d'orienter les essais à venir.

La variabilité des résultats des essais conduits avec *Lentinus squarrosulus* révèle des lacunes dans nos connaissances sur le mode de son action antagoniste vis à vis de *R. lignosus*.

Une expérimentation sur l'effet de la préparation du terrain a été mise en place à HEVEGO. Cependant l'exploitation de cet essai sera difficile car le protocole ne comprend qu'une seule répétition par sous-traitement.

Des expériences doivent être entreprises pour contrôler l'efficacité des nouveaux procédés d'isolation des souches d'arbres malades.

Etudes épidémiologiques

Des suivis de l'évolution de la pourriture blanche sont mis en place en plantations villageoises et industrielles.

Des études plus détaillées doivent être poursuivies à Bimbresso au niveau des racines des arbres infectés et des modalités de transmission de la maladie à des racines d'arbres sains.

Le premier objectif est de démontrer que la majorité des infections se déroulent au niveau des racines latérales et non pas du pivot, comme cela avait été précédemment décrit par l'ORSTOM (hypothèse en contradiction avec les observations de terrain et les travaux de PICHEL à Yangambi).

Le second objectif est de déterminer les modalités de propagation de la maladie d'une racine latérale à l'autre.

Les protocoles seront rédigés dans les prochains jours. Ils tiendront compte des études déjà réalisées, en particulier à Yangambi, pour éviter les redoublement d'expériences.

LES MALADIES DE FEUILLES A BIMBRESSO

L'apparition récente de *Corynespora cassiicola* dans les plantations d'HEVECAM nous oblige à faire une étude détaillée des différentes maladies de feuilles en Afrique, afin de mesurer les risques éventuels d'expansion de l'épidémie vers d'autres pays.

Notre premier objectif est de mettre en place des critères d'identification fiables de *C. cassiicola* et de déterminer la répartition géographique actuelle de ce parasite.

Il a été possible d'isoler plusieurs champignons à partir de lésions nécrotiques observées sur les feuilles dans la plantation de Bimbresso.

Plusieurs isolats ont été rapportés à Versailles pour identification:

- 4 isolats présumés de *Colletotrichum gloeosporioides*.
- 6 isolats présumés d' *Helminthosporium hevea*.
- 1 isolat non identifié (probablement d'une autre espèce de *Colletotrichum*).

Ces isolats seront envoyés prochainement dans un laboratoire spécialisé.

En première analyse, il faut souligner la très grande difficulté d'identification de ces agents pathogènes à partir de la morphologie des lésions qu'ils provoquent. En effet, plusieurs isolements effectués à partir de lésions décrites comme caractéristiques de *C. gloeosporioides* ont permis d'obtenir des cultures d'*H. hevea* et réciproquement. Il semble que l'expression des symptômes ne soit pas liée au seul parasite, mais varie aussi en grande partie en fonction des clones.

Les isolats de *C. gloeosporioides* montrent des morphologies similaires et apparaissent relativement faciles à identifier en culture *in vitro*.

Les isolats d'*H. hevea* présentent des morphologies beaucoup plus polymorphes.

Certains isolats ont été effectués à partir de lésions de même type que celles provoquées par *C. cassiicola* au Cameroun. Pour l'instant, il a été impossible de distinguer ces isolats de ceux identifiés comme de l'*H. hevea*. Des études plus fines, en particulier sur la morphologie des conidiophores ont été initiées.

LE PROGRAMME ENCOCHE SECHE

Un travail sur "l'encoche sèche" est en cours de réalisation à Bimbrezzo dans le cadre du programme de physiologie. Il s'agit de "l'étude des bases moléculaires du syndrome d'encoche sèche", menée par monsieur DIAN pour la préparation d'une thèse.

Ses travaux actuels consistent à comparer les profils électrophorétiques de protéines extraites de latex d'arbres sains ou malades.

Les premiers résultats semblent indiquer que le syndrome s'accompagne dans certains cas de l'apparition d'une bande nouvelle dans les profils obtenus à partir des sérums cytosoliques prélevés pendant les 15 premières minutes de l'écoulement.

Une autre bande nouvelle apparaîtrait aussi dans certains cas dans les électrophorèses réalisées à partir des contenus des lutoïdes.

Cependant ces deux bandes ne sont pas présentes dans tous les échantillons. Il faut donc maintenant déterminer leur niveau de corrélation réel avec le syndrome d'encoche sèche et étudier les modalités de leur apparition. Dans ce but, il apparaît nécessaire de multiplier les échantillons et d'associer ces analyses de protéines à des observations très détaillées des arbres sur lesquels sont effectués les prélèvements.

En effet, les résultats obtenus avec la biologie moléculaire ne pourront être validés que s'ils peuvent être mis en correspondance avec des observations de terrain.

Une réunion s'est tenue dans le cadre du D.E.A. afin de discuter des collaborations à mettre en place entre la physiologie et la phytopathologie dans les recherches sur l'encoche sèche.

Une opération avait aussi été conduite en 1990 dans le cadre du programme de phytopathologie sur les ARN de faibles poids moléculaires, afin de révéler la présence d'éventuels agents pathogènes.

Les premiers résultats ont permis dans un premier temps d'écarter, au moins temporairement, l'hypothèse viroïde développée dans un rapport de l'ORSTOM (1987).

Par ailleurs, l'analyse des ARN de faibles poids moléculaires a montré des phénomènes similaires à ceux observés avec les protéines. Les profils électrophorétiques des arbres malades comprennent parfois une bande nouvelle, qui n'a jamais été révélée chez les arbres sains.

La similitude des observations avec les deux types d'approches (sur les protéines et sur les acides nucléiques) met en évidence le très grand intérêt qu'il y a à les associer.

Il a été ainsi prévu que monsieur DIAN effectue des prélèvements parallèles permettant de faire d'une part, les purifications des protéines étudiées, et d'autre part, celles des acides nucléiques.

Les échantillons réservés à la purification des acides nucléiques (environ 10ml par échantillon) seront effectués dans un volume de tampon équivalent, dont la composition sera la suivante: Tris 100mM (pH:9), SDS 10%, EDTA 10mM, LiCl 300mM

Ils seront congelés dans un premier temps dans l'azote liquide aussitôt après le prélèvement, puis conservés à -80°C.

Le protocole d'extraction sera étudié plus en détail lors d'une visite prévue pour le mois de juin.

Du point de vue du phytopathologiste, la question fondamentale qui reste en suspend est celle qui concerne l'existence d'un agent pathogène associé à certains phénomènes d'encoche sèche. Cette hypothèse s'appuie sur la mise en évidence d'une dispersion non aléatoire de la maladie, qui semble plutôt se propager préférentiellement dans la ligne.

Le seul rapport chiffré qui a été publié est celui de l'ORSTOM, dont les analyses statistiques ne permettent pas de dégager une conclusion définitive sur ce phénomène.

La démonstration d'une propagation dans la ligne me semble primordiale dans la poursuite de ces travaux.

Une étude de type épidémiologique reprenant les travaux de l'ORSTOM et recherchant les biais qui ont pu y être introduits (identification des sujets malades, variabilité des symptômes, évolution des symptômes, etc.) doit être entreprise pour pouvoir avancer nos recherches.

Annexe n° 1

3. PHYTOPATHOLOGIE

BILAN DES ESSAIS EN COURS EN 1990

3.1. Maladies de racines

3.1.1. Evolution du Fomès

Sur huit plantations villageoises établies dans les secteurs de l'Anguédédou, Dabou, Bonoua et Bétitié (CI.AP.1) on observe, à 2 ans après plantage, 5,9 % les plantes morts avec présence de rhizomorphes sur le pivot. Ces plants correspondent dans 69,5 % des cas aux emplacements Fomès détectés avant plantage.

Un essai a été mis en place en mai 1988, sur deux parcelles de vieilles cultures fortement endommagées par le Fomès dans une plantation de la SAPH dans le Sud-Est (BG.AP.2), pour suivre l'apparition des arbres atteints de Fomès dans ces parcelles replantées. A 1 an et demi après plantage, seulement 1,7 % des plants morts par le Fomès a été constaté dans ces lots. Les études se poursuivent.

3.1.2. Lutte génétique

Dans le but de trouver des porte-greffes résistants au Fomès. 12 familles de seedlings ont été infectées artificiellement (BM.OP.6). On a obtenu quelques plants survivants issus de groupe inoculé à 6 mois et la multiplication végétative par microbouturage de ces survivants est en cours. Il reste 226 survivants sur 1920 individus initiaux. Dans un deuxième essai (BM.OP.9) mis en place un an plus tard, les survivants sont encore nombreux même dans le premier groupe inoculé à 6 mois (52 sur 1280).

3.1.3. Neutralisation des souches infectées par le Fomès

Une méthode de neutralisation mécanique des souches résiduelles a été testée : isolement par mise à l'air la partie enterrée du pivot laissé en place après section des racines latérales. Elle s'avère beaucoup plus efficace pour limiter la diffusion du Fomès que les méthodes de neutralisation par voie chimique (empoisonnement) ou par voie biologique (inoculation des champignons antagonistes). Ne nécessitant pas l'extraction totale des souches résiduelles, elle s'avère, ainsi relativement peu exigeante en main d'oeuvre.

3.1.4. Lutte chimique

Plusieurs tests de fongicides (BM.TP.38) sur plantules ont donnés les résultats suivants (tableau 1).

Tableau 1 : Test d'efficacité contre le Fomès de divers fongicides (efficacité notée de 1 à 5).

Produit Commercial	Matière active		Note	Efficacité
	Nom	Dose		
Témoin	-	-	4,3	-
Anvil	Hexaconazole	0,25 g/l	1,3	bonne
Sumi 8	Diniconazole	0,20 g/l	1,2	bonne
Alto	Cyproconazole	0,50 g/l	1,3	bonne

Après des tests d'efficacité sur plantules, les produits SR 102 (Triazole) et EXP 10202 A (Bromuconazole) ont été testés à plusieurs doses contre le Fomès. Les doses retenues pour les essais ultérieurs en champs sont de 0,8 g de m.a. par arbre pour le produit SR 102 et de 1 g de m.a. par arbre pour le produit EXP 10102 A (BM.OP.14 et 15).

Plus de 45 ha de plantations villageoises (PV) et petites et moyennes plantations d'hévéas (PMPH) fortement infectées par le Fomès sont suivies depuis 1984 (AG,BO,BT,DB,TP.AP.1 et TP.AP.2). La méthode de lutte préconisée a donné des résultats satisfaisants : le taux des arbres morts et malades a diminué de 10,8 à 2,1 %. Les replantations en highstumps dans les foyers Fomès permettent de maintenir une densité de 451 a/ha au lieu de 435 a/ha.

Appliqué dès la première année sur plantation (TP.AP.3), le Bayfidan permet de réduire l'incidence du Fomès de 10,3 % pour le témoin à 3,3 % pour le Bayfidan granulé (à 0,5 g m.a.par arbre).

Un autre essai a été mis en place depuis 2 ans et demi sur deux plantations fortement infestées par le Fomès (AG.AP.2), situées dans la forêt d'Anguédédou pour comparer l'efficacité de Bayfidan granulé par rapport à celle de Calixin dans la lutte contre le Fomès. Les résultats (tableau 2) montrent une très nette diminution des arbres atteints de Fomès dans les parcelles traitées avec Bayfidan et Calixin. La différence entre les deux produits n'est pas significative.)

Tableau 2 : Efficacité de Calixin et Bayfidan contre le Fomès.

Traitemment	Taux des arbres atteints de Fomès (%)		
	Juin 1988	Mai 1989	Novembre 1990
Témoin sans Traitement	28,8	22,6	20,8
Calixin 7,5 g m.a/a	29,9	10,7	8,1
Bayfidan GR 0,5 g m.a/a	24,3	12,6	7,9

Trois essais ont été mis en place depuis mai 1989 dans plusieurs plantations de Côte d'Ivoire pour vérifier l'efficacité des différents fongicides (Bayfidan, Alto, Calixin) contre le Fomès en plantations industrielles (BM.AP.31, BG.AP.4, BY.AP.6) .

Les résultats à un an et demi après la mise en place des essais (tableau 3) montrent que l'efficacité du produit Alto à 0.5 g de m.a. par arbre semble meilleure parmi les trois produits testés .

TABLEAU 3 : EFFICACITE DES FONGICIDES CONTRE LA POURRITURE BLANCHE DES RACINES D'HEVEA DUE AU FOMES

Etat des arbres	en 5/89	Malades			Sains Voi.Directs			Sains Voi.Indirects		
	en 11/90	Morts	Mal.	Sains	Morts	Mal.	Sains	Morts	Mal.	Sains
TEMOIN non traité		51	40.3	8.2	9.4	35.9	54.7	3.9	15	31.1
CALIXIN 7.5g ma./arbre		9	47.4	43.6	1.7	13.3	35	0	7.5	92.5
BAYFIDAN GR 0.5g ma./arbre		9.1	53.4	37.5	1.7	12.5	35.3	0	3.7	96.3
ALTO 0.5g ma./arbre		8	42.7	49.3	0	7.5	92.5	0	1.6	98.4

3.2. MALADIES DES PANNEAUX DE SAIGNEE

Des tests d'efficacité du fongicide Antéor (Xymoxanil et Folpel) in vitro et in vivo ont montré une bonne efficacité de ce fongicide contre le Phytophthora comparable à celle du Difolatan (BM.TP.42, BM.OP.17).

Des essais en plantations industrielles sur quatre sites différents ont montré que les trois produits fongicides : Aliette (Phosetyl Al) , Folpan (Folpel) et Ridomil Combi (Métalaxyl+Folpel) sont aussi efficaces que le Difolatan. Il est donc possible de les utiliser comme produit de remplacement du Difolatan pour protéger le panneau de saignée contre les attaques de Phytophthora (BM.AP.30, BG.AP.3, BY.AP.7, OU.AP.2) .

Annexe n° 2

(article à paraître dans la revue "Crop Protection")

New developments in chemical control of white root disease of *Hevea brasiliensis* in Africa

(running title: Chemical control of white root disease)

E. GOHET (*), TRAN VAN CANH (*) Meriem LOUANCHI (**) and
D. DESPRÉAUX

(*)IRCA/CIRAD, 01 B.P.1536, Abidjan 01, Ivory Coast

(**)IRCA/INRA, Station de Pathologie Végétale,
route de Saint Cyr, 78000 Versailles, France

ABSTRACT. The main three parasites on *Hevea brasiliensis* roots in Africa are *Rigidoporus lignosus*, *Phellinus noxius* and *Armillaria* sp. Only *R. lignosus*, which causes white root disease, exists in all the *Hevea* growing zones and remains the main cause of death throughout African countries.

New fungicides have been tested to improve the control of white root disease caused by *Rigidoporus lignosus*. Some of the triazole compounds have proved very effective *in vitro* and in small-scale experiments on seedlings or stumps placed in artificially infected soil. Two applications spaced six months apart in liquid form (Alto, Sandoz) or triadimenol applications in granular form (Bayfidan, Bayer) at 0.5 g a.i./tree, have given good results in field trials. Their use is recommended in practice.

KEYWORDS: White root disease, *Rigidoporus lignosus*, *Hevea brasiliensis*, chemical control, triazoles

INTRODUCTION

The most serious losses in *Hevea brasiliensis* plantations throughout the world are caused by root rot diseases (COMPAGNON, 1969).

In Africa, the main root parasites encountered in plantations are *Rigidoporus lignosus* (Kl.) Imazeki, *Phellinus noxius* (Corner) G.H. Cunn., *Armillaria* sp., *Ganoderma* sp., *Sphaerostilbe repens* Berk. and Br. and *Ustilina zonata* (Lev.) Sacc. (NANDRIS, 1985).

Only the first three seem to be able to develop true epidemics on *Hevea*. However, their respective economic impacts vary considerably from one country to the next, and sometimes even between two regions only a few kilometres apart (GEIGER, 1987).

White root disease caused by *R. lignosus* exists in all African plantations and remains the main cause of mortality (DESPREAUX, 1989). In most cases, the other root diseases occur only occasionally, apart from southeast and southwest Ivory Coast, where *P. noxius* causes considerable damage (GEIGER, 1987), and in Congo and Gabon, where frequent *Armillaria* sp. attacks have been reported (PICHEL, 1956; TRAN VAN CANH, mission report, IRCA, 1987).

There are no accurate inventories of the actual losses caused by root diseases in Africa. Percentage of infection varies from one plantation to the next but averages are about two percent per year in Ivory Coast (TRAN VAN CANH, unpublished data). Disease incidence on commercial plantations in South Cameroun and Gabon is over two percent per year.

Control of root rot diseases is based primarily on three basic principles: good land preparation before planting, effective detection rounds and eradication of all infected trees.

As far as *P. noxius* and *Armillaria* sp. are concerned, these are the only control methods currently applied.

The *R. lignosus* problem is different, because this parasite must first develop rhizomorphs on the outside of roots before invading them. This indispensable external growth phase makes this fungus susceptible to fungicidal treatments (JOHN, 1958).

During the International Rubber Conference in Kuala Lumpur in 1985, four fungicides were recommended for use in controlling *R. lignosus*: sulphur (BASUKI, 1985, PERIES and LIYANAGE, 1985), PCNB (PERIES and LIYANAGE, 1985), quintozone (TAN and JOHN, 1985) and tridemorphe (TRAN VAN CANH, 1985).

However, the recent development of the triazole group of fungicides has opened up new research channels in this field.

The purpose of the work described here was to study the activity of several of these new products on *R. lignosus*.

MATERIALS AND METHODS

Fungicide screening *in vitro* was carried out at La Niété (Cameroon) and Versailles (France). Studies on cyproconazole and triadimenol activity in ground treatments were conducted at La Niété and at the Bimbresso Station (Ivory Coast).

Fungicide Screening in vitro

The screening of new fungicides *in vitro* was carried out by incorporating the commercial compounds in an agar medium at different concentrations. Their effectiveness was estimated according to the mycelial growth inhibition, compared to control cultures without fungicide.

The fungicides tested were tridemorphe (BASF), propiconazole (Ciba-Geigy), hexaconazole (ICI), myclobutanil (Rhom and Haas), triadimenol (Bayer), cyproconazole (Sandoz) and diniconazole (Sumitomo), at concentrations of 10 and 50 mg of a.i./liter. These trials were conducted in Cameroon on PDA medium (2%) at room temperature (24-26°C), with a local isolate (FCA1).

The activity of tridemorphe, triadimenol and cyproconazole were assessed in France on malt agar medium (2%) at 30°C, using 12 isolates of different origins: Cameroon (FCA1, FCA2, FCA3), Ivory Coast (FCI2, FCI3, FCI7, FCI9), Gabon (FGA1, FGA2) and Indonesia (FID1, FID2, FID3). The isolate ATCC 26130, Malaysia, (J.K. CAREY, Trans. Brit. Mycol. Soc. 60: 347-360, 1973) was also used in the experiments.

Most of the cultures were isolated in 1989 (apart from FCI2 and FCA1, which had been in culture for several years) from secondary *Hevea* roots attacked by *R. lignosus*. They have been maintained on a malt agar medium.

Fungicide Screening on Bamboo Sticks, Seedlings or Stumps

Infected tap roots were removed in plantations from trees killed by white root disease. They were quickly buried in the soil in an area outside the plantations, to be used as an inoculum source for experiments. Each tap root was then surrounded by bamboo sticks stuck vertically into the ground down to a depth of 20-30 cm, by seedlings with a 1.5 to 2 cm girth, or by ungrafted stumps (seedlings with a 4 to 5 cm girth, whose parts of roots and stems have been cut off before replanting).

The fungicides tested were cyproconazole, triadimenol and tridemorphe whose effectiveness in ground treatments against *R. lignosus* attacks has already been demonstrated (TRAN VAN CANH, 1982). Each treatment was applied to at least four tap roots, either directly onto each tap root (Ivory Coast), or on the bamboo sticks or stumps (Cameroon). The experimental design included untreated tap roots as a control.

On the bamboo sticks, treatment effectiveness was estimated by observing changes in the proportion of the sticks colonized by rhizomorphs over the duration of the study.

On the seedlings or stumps, treatment effectiveness was based on mortality and the extent to which seedlings or stumps were infected at the end of the experiment.

Fungicide Treatment Trials in the Field

These trials were set up in Ivory Coast at three different plantations, located at Anguededou, Bongo and Grand-Beriby.

The treatments tested were tridemorphe application in liquid form at a rate of 7.5 g of a.i./tree, cyproconazole applications in liquid form at a rate of 0.5 g of a.i./tree and triadimenol applications in granular form at a rate of 0.5 g of a.i./tree. The fungicides are laid down around the collar of the trees.

These treatments were applied twice, six months apart, at each of the three plantations on approximately 30 trees whose tap roots showed no signs of infection, but where rhizomorphs had been detected.

The effectiveness of the treatments were evaluated on the basis of the amount of mortality in treated trees, compared to that observed in untreated trees.

RESULTS

Fungicide Screening in vitro

In the Cameroon study using isolate FCA1, all the fungicides tested significantly reduced mycelial growth. Inhibition was practically total at the concentration of 50 mg/l for the first ten days (table 1). Total inhibition persisted for 40 days with myclobutanil, cyproconazole, hexaconazole and diniconazole. Although at a greatly reduced rate, fungus growth was observed with propiconazole and triadimenol during this period. Activity of tridemorphe seemed to be considerably reduced after 40 days.

Growth inhibition was less at the concentration of 10 mg of a.i./l (table 2). However, relative activity of the fungicides was similar to that obtained with the concentration of 50 mg/l, though spaced further apart on the scale, especially after 40 days.

Growth inhibition of the 13 isolates of different origins was highly uniform for each of the fungicide concentrations tested (table 3). The percentage of mycelial growth inhibition for tridemorphe at 3 mg/l approached 50% for all the isolates studied (table 4). Inhibition was slightly higher for triadimenol at 1.2 mg/l and cyproconazole at 0.6 mg/l, but remained very uniform nonetheless. This experiment suggests that susceptibility to these fungicides varies little throughout the pathogen population.

Ground Treatments

Colonization of bamboo sticks by *R. lignosus* differed substantially among the treatments (figure 1). Cyproconazole (0.1 g/stick) and triadimenol (0.25 g/stick) were more effective than tridemorphe (1 g/stick). The difference between the control and tridemorphe was still not significant after 135 days.

The treatment applied at the same rates to stumps led to comparable results (figure 2). Mortality in all treatments was very similar for the first 90 days. After 90 days, mortality remained very low for the stumps treated with cyproconazole and triadimenol, but rose considerably for the untreated controls and the stumps treated with tridemorphe.

A statistical analysis of the numbers of dead stumps, or stumps with infected roots six months after treatment leads to a distinction between two categories: the untreated control and the tridemorphe treatment on the one hand, and the cyproconazole and triadimenol treatments on the other hand (table 4).

In the Ivory Coast, the fungicide applications were made directly on the buried tap roots, not on the sticks or stumps as in Cameroon: 7.5 g of tridemorphe in liquid form, 0.5 g of cyproconazole in liquid form and 0.5 g of triadimenol in granular form.

The proportion of colonized sticks rose to 100% as early as the 90th day around the untreated tap roots. This very rapid development revealed the existence of a particularly high infection potential in this experiment.

The percentages of colonized sticks differed according to the treatment (figure 3). They remained substantially lower around the roots treated with cyproconazole and triadimenol.

The differences among treatments were even greater when based on seedling mortality (figure 4). While over 50% effective after 6 months, the protection offered by an application of 7.5 g of tridemorphe on infection sources was distinctly inferior to that offered by 0.5 g of cyproconazole or triadimenol.

The results obtained in field trials a year after applications began showed that the three fungicides were equally effective when used under normal conditions (table 5). While almost 30% of untreated trees died, losses remained under 10% with tridemorphe, cyproconazole and triadimenol. The differences between the three treatments were not significant.

DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

The screening of several fungicides in the triazole group showed that these compounds significantly reduced the mycelial growth of *R. lignosus* in culture. This activity *in vitro*, however, is not necessarily correlated to fungicide effectiveness when used under natural conditions. Indeed, numerous factors may come into play in the field to increase or reduce the effect of a compound: temperature, pH, texture or chemical nature of the soil, rainfall, coefficient of migration, systemic properties, stability, formula, etc. Nonetheless, these results open up very promising new research channels.

The creation at Versailles of a collection of *R. lignosus* isolates from different locations is a particularly worthwhile move in this field. It will thus be possible to determine the effectiveness of new compounds over a broad genetic base of the pathogens, and therefore reduce the risks involved in selection of new compounds based on geographical sub-populations. Its location outside *Hevea*-growing regions and areas where this parasite is endemic will allow it to obtain isolates from other regions of the world over the coming years, especially, from South America and Asia.

Ground treatment trials were conducted with two fungicides from the triazole group: cyproconazole, which was very effective *in vitro*, and triadimenol, which was less active *in vitro*, but which is available in granular form. The results obtained with these compounds on bamboo sticks, seedlings and stumps all indicated that they were more effective than tridemorphe. At the application rates tested, the protection offered by cyproconazole and triadimenol treatments proved to be similar.

In experiments conducted in plantations, however, the effectiveness of tridemorphe was not significantly different from that of cyproconazole or triadimenol. These results may show similar protection levels for these three types of treatment in the field, but it is more likely that there are differences in the effectiveness of these products, as on sticks, seedlings or stumps, but that the experimental design was unable to bring them out. Continuation of these trials over the next three years will provide answers to these questions.

In Ivory Coast, triadimenol was tested in granular form. In this form, it proved as effective as cyproconazole at equivalent application rates. This result was particularly interesting, because granular applications are much easier than liquid applications.

The results obtained with cyproconazole and triadimenol mean that these two fungicides can be recommended in controlling white root disease on *Hevea*. They can be applied every six months on trees at risk (colonized trees, or those near a source of infection). The recommended rate is 0.5 g of a.i./tree per treatment. The commercial products currently available are Alto (10% cyproconazole) by Sandoz and Bayfidan (1% triadimenol) by Bayer.

Trials are continuing with other fungicides from the triazole group. Studies are also under way to determine the effectiveness of these active ingredients on *Armillaria* sp. encountered in Gabon.

BASUKI (1985). Efforts in the Control of White Root Disease (*Rigidoporus lignosus*) of Rubber in Indonesia". Int. Rubber Conf., R.R.I.M. , Kuala Lumpur, 209-221

COMPAGNON P. (1986). Le caoutchouc naturel. Techniques agricoles et productions tropicales, éditions Maisonneuve et Larose, Paris, 593p

DESPREAUX D. (1989). Les principaux problèmes phytosanitaires de l'hévéaculture en Afrique. 1st Seminaire sur la Protection des Végétaux et des Denrées stockées en Afrique Centrale, Brazzaville, in press

GEIGER J-P (1987). Maladie racinaires de l'hévéa: biochimie et physiologie des relations hôte-parasite. Thèse de doctorat d'Etat, édition de l'Orstom, Bondy, 177p

JOHN K.P. (1958). Inoculation experiments with *Fomes lignosus* Klotzsch. J. Rubb. Res. Inst. Malaya, 15, 223-229

NANDRIS D. (1985). Pathogénèse et épidémiologie des pourridiés de l'*Hevea brasiliensis*. Thèse de doctorat, Université Paris VI, 222p

PERIES O.S. and LIYANAGE A.S. (1985). Hevea Diseases of Economic Importance and Integrated Methods of Control. Int. Rubber Conf., R.R.I.M., Kuala Lumpur, 255-268

PICHEL R.J. (1956). Les pourridiés de l'hévéa dans la cuvette congolaise. Série technique , INEAC, 49, 480p

TAN A.M. and JOHN C.K. (1985). Economic Benefits of Disease Control in Rubber. Int. Rubber Conf., R.R.I.M., Kuala Lumpur, 270-278

TRAN VAN CANH (1982). Lutte contre le Fomes: nouvelle méthode d'étude. Caoutchoucs et Plastiques 617/618, 61-64

TRAN VAN CANH (1985). Use of Calixin and Sandofan against White Root Disease and Black Stripe of *Hevea brasiliensis*. Int. Rubber Conf., R.R.I.M., Kuala Lumpur, 222-236

Table 1: Influence of various compounds at a concentration of 50mg/l on the in vitro mycelial growth (mm) of FCAI after 10, 20 and 40 days

Compound	days		
	10	20	40
Control	120	-	-
Tridemorphe	1	18	120
Triadimenol	6	17	44
Propiconazole	2	11	32
Myclobutanil	1	3	8
Cyproconazole	0	0	0
Hexaconazole	1	1	1
Diniconazole	0	0	0

(-): Mycelial growth up to 120mm (dish diameter)

Table 2: Influence of various compounds at a concentration of 10mg/l on the in vitro mycelial growth (mm) of FCA1 after 10, 20 and 40 days

Compound	days		
	10	20	40
Control	120	-	-
Tridemorphe	26	83	-
Triadimenol	18	46	104
Propiconazole	9	28	73
Myclobutanil	9	17	41
Cyproconazole	4	9	18
Hexaconazole	2	6	17
Diniconazole	0	1	2

(-): Mycelial growth up to 120mm (dish diameter)

Table 3: Fungicidal activity of tridemorphe (3mg/l), triadimenol (1.2mg/l) and cyproconazole (0.6mg/l) on the mycelial growth of 13 isolates of *Rigidoporus lignosus*

Country of origin	Isolates	Control (mm/d)	Tridemorph (3mg/l)	Triadimenol (1.2mg/l)	Cyproconazole (0,6mg/l)
Cameroon	FCA1	4.65	54.8	63.4	80.6
	FCA2	5.25	52.4	69.5	73.3
	FCA3	3.95	27.8	50.6	64.6
Ivory Coast	FCI2	6.75	60.8	76.3	77.8
	FCI3	5.45	51.4	67.9	66.3
	FCI7	4.40	61.4	64.8	62.8
	FCI9	4.55	45.0	69.2	68.1
Gabon	FGA1	5.60	56.3	58.9	67.0
	FGA2	4.30	47.7	58.1	62.8
Indonesia	FID1	5.35	50.0	67.3	72.9
	FID2	5.40	62.0	64.8	48.3
	FID3	5.65	63.7	64.6	48.4
Malaysia	26130	5.60	67.9	63.3	72.3

Fungicidal activity is expressed as a percentage of inhibition in the control without fungicide

Table 4: Analysis of 100 cc application with tridemorphe (1%), triadimenol (0,25%) and cyproconazole (0,1%) on stumps infection in artificially infected soil in Cameroon

Blocks	Control	Tridemorphe	Cyproconazole	Triadimenol
B1	66.7	52.6	43.2	2.8
B2	56.8	33.3	25.6	2.6
B3	44.1	63.9	13.2	13.5
B4	63.9	68.6	2.6	9.1
B5	21.9	48.7	10.3	5.4
Average	50.7	53.4	19.0	6.7

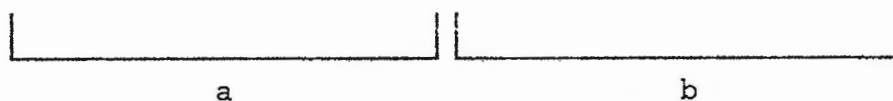


Table 5: Tree mortality due to *R. lignosus*, one year after treatment with tridemorphe (7.5g), triadimenol (0.5g) and cyproconazole (0.5g) at Anguededou, Bongo and Grand-Beribi in Ivory Coast

Locality	Control	Tridemorphe	Cyproconazole	Triadimenol
Anguededou	35.5	11.5	9.1	6.1
Bongo	32.1	5.0	4.5	8.3
Grand-Beribi	23.1	9.4	9.7	10.3
Average	30.2	8.6	7.8	6.7



a



b

Figure 1: Colonization rate on sticks treated with 100ml of tridemorphe (1%), triadimenol (0,25%) or cyproconazole (0,1%) in soil artificially infested with *R. lignosus* in Cameroon

Figure 2: Mortality of stumps treated with 100ml of tridemorphe (1%), triadimenol (0,25%) or cyproconazole (0,1%) in soil artificially infested with *R. lignosus* in Cameroon

Figure 3: Colonization of sticks around an infection source treated with tridemorphe (7,5g), triadimenol (0,5g) or cyproconazole (0,5g) in Ivory coast

Figure 4: Mortality of seedlings around an infection source treated with tridemorphe (7,5g), triadimenol (0,5g) or cyproconazole (0,5g) in Ivory coast

